

ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА:
ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРОЦЕССЫ

- ✓ Действующие факторы
- ✓ Тренды
- ✓ Прогнозы

© Юлия Калиничева / WWF России

Алексей Олегович Кокорин, WWF России | akokorin@wwf.ru | +7 (495) 727-09-39

VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

1 | ОБЗОР ИСТОЧНИКОВ

© Игорь Хайтман / WWF России



Международная и российская линейки основополагающих научных докладов

Рассмотрение всех естественных климатических вариаций и наложения на них антропогенных воздействий, наблюдаемые и ожидающиеся последствия на XXI-XXII вв.

Пятый оценочный доклад IPCC (МГЭИК) 2013-2014 гг.
ipcc.ch



Оценочный доклад РФ (2008)



Тематические доклады:
по сценариям «1,5-2^{0}C» (2018),

по землепользованию, включая леса (2019),

по океанам и криосфере (2019)
ipcc.ch



Второй оценочный доклад РФ (2014)
Участники: все профильные институты РАН и Росгидромета
meteorf.ru/product/climat/



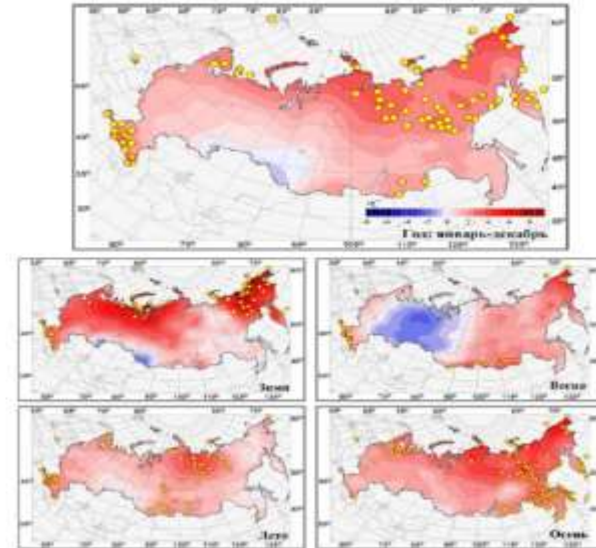
Шестой оценочный доклад IPCC (МГЭИК) выйдет в 2021-2022 гг.

Третий доклад РФ выйдет в 2022 г.



Ежегодные климатические доклады Росгидромета

Квартальные и ежегодные доклады
о состоянии климата в РФ:
тренды с 1976 г., особенности прошлого года, температура, осадки, опасные метеорологические явления, Арктика, сельское хозяйство, концентрации СО2 и метана, озон, стратосфера и др.
meteorf.ru/product/climat



Ежегодные доклады о выбросах и поглощении парниковых газов в РФ
(Национальные кадастры антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов) **meteorf.ru/product/climat**

Каждые два года**, доклады о действиях РФ для ООН**
(выбросы, адаптация, меры, прогнозы): Национальные сообщения и Двухгодичные доклады **meteorf.ru/product/climat**



Материалы Росгидромета для широкого круга читателей

Что произошло за последние месяцы **+ предстоящие мероприятия** Бюллетень «Изменение климата» (~6 раз в год) http://www.meteorf.ru/product/climat/



Сайт Всемирной метеорологической организации (в т.ч. на русском языке) https://public.wmo.int/ru

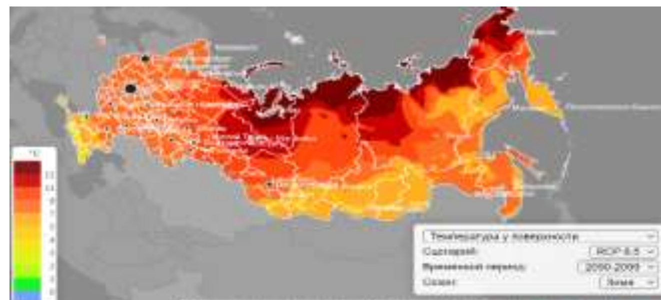


Интерактивные карты прогноза: по сезонам и на год, по разным сценариям глобальных выбросов

На основе глобальных моделей: различные климатические **параметры для каждого региона РФ**, до 2031 г., на середину и конец века**.** http://cc.voeikovmgo.ru/ru/klimat/izmenenie-klimata-rossii-v-21-veke

На основе региональной модели климата: сезонные температуры и осадки, оценка их вероятностного распределения в 2050-е и 2090-е годы **с пространственной детализацией** https://cc.voeikovmgo.ru/ru/klimat/lf-hr





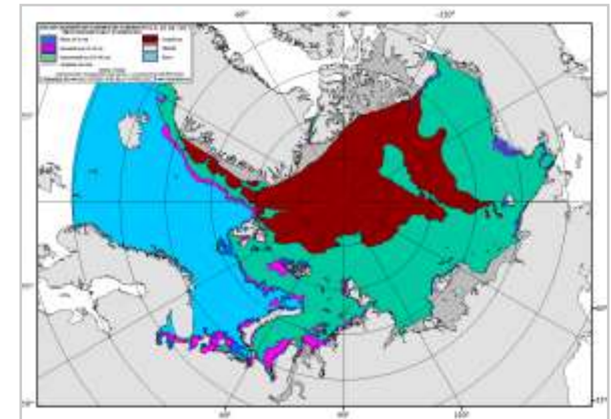


Арктика: сводные данные о состоянии всех сред

Ежегодный обзорный доклад NOAA США о состоянии всех сред (лед, вода, тундра, животные, водоросли, микропластик и др.)
arctic.noaa.gov/report-card

ААНИИ оперативные данные (ледовая обстановка и др.)
aari.ru





USA National Snow and Ice Data Center. Электронная база данных с ежедневным обновлением (лед, снег, температура, тренды), наглядные карты и анимации динамики льдов nsidc.org/arcticseaicenews










Проекты WWF 2019-2021 гг.

«Повышение уровня знаний молодежи по проблеме изменения климата»

Распространение научных знаний в современной форме.
Важно показать роль человека и долгосрочную перспективу

Сайт «Изменение климата в России» изменениеклимата.рф

- **Интерактивные уроки для школьников (старших и младших), подготовлены просветительской организацией ЭКА при поддержке WWF**
Регистрация и получение материалов на **урок.изменениеклимата.рф**

- **Популярные просветительские материалы для широкой аудитории**

Простые ответы на сложные вопросы по климату, на сайте WWF России
https://wwf.ru/resources/prostye-otvety-na-slozhnye-voprosy-po-klimatu/

будут также размещаться на сайте изменениеклимата.рф









Проекты WWF 2019-2021 гг.

- **On-line курсы** курс.изменениеклимата.рф




Российские лекции на сайте WWF

Изменение климата: естественное и антропогенное, глобальное, в Арктике, в России и в конкретном регионе; «лес и климат»; адаптация

https://wwf.ru/what-we-do/climate-and-energy/lektsii-izmenenie-klimata/

Видеолекции, презентации и текстовые материалы (пособие)

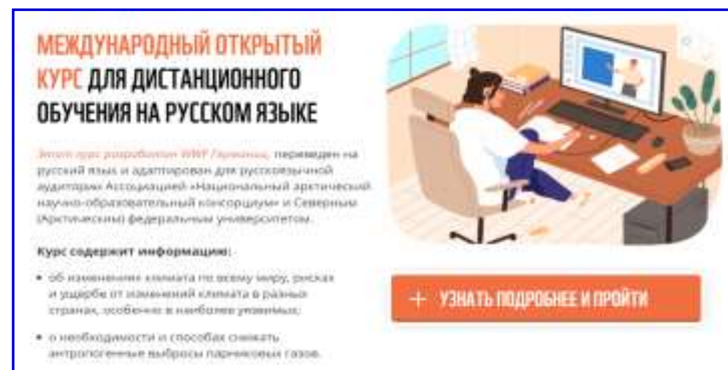


Международный Массовый открытый онлайн-курс на сайте САФУ им.М.В.Ломоносова

Изменение климата: риски и проблемы. Описание см.:

https://wwf.ru/resources/publications/booklets/izmenenie-klimata-riski-i-problemy/

Видеолекции и тестовые задания





Роль климатического образования и просвещения в системе российских мер

Президиум РАН поддерживает тему в формате научного подхода профильных институтов Росгидромета и РАН (ГГО, ИГКЭ, ИФА, ИГАН, МГУ, ИОАН,… – источники информации). Постановление Президиума РАН № 133 от 13.10.2020 «Климатические изменения и проблемы адаптации к ним». www.igce.ru (новости за октябрь 2020 года)

Деятельность подкрепляется Указом Президента РФ №76 от 08 февраля 2021 года «О мерах по реализации научно-технической политики в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений»

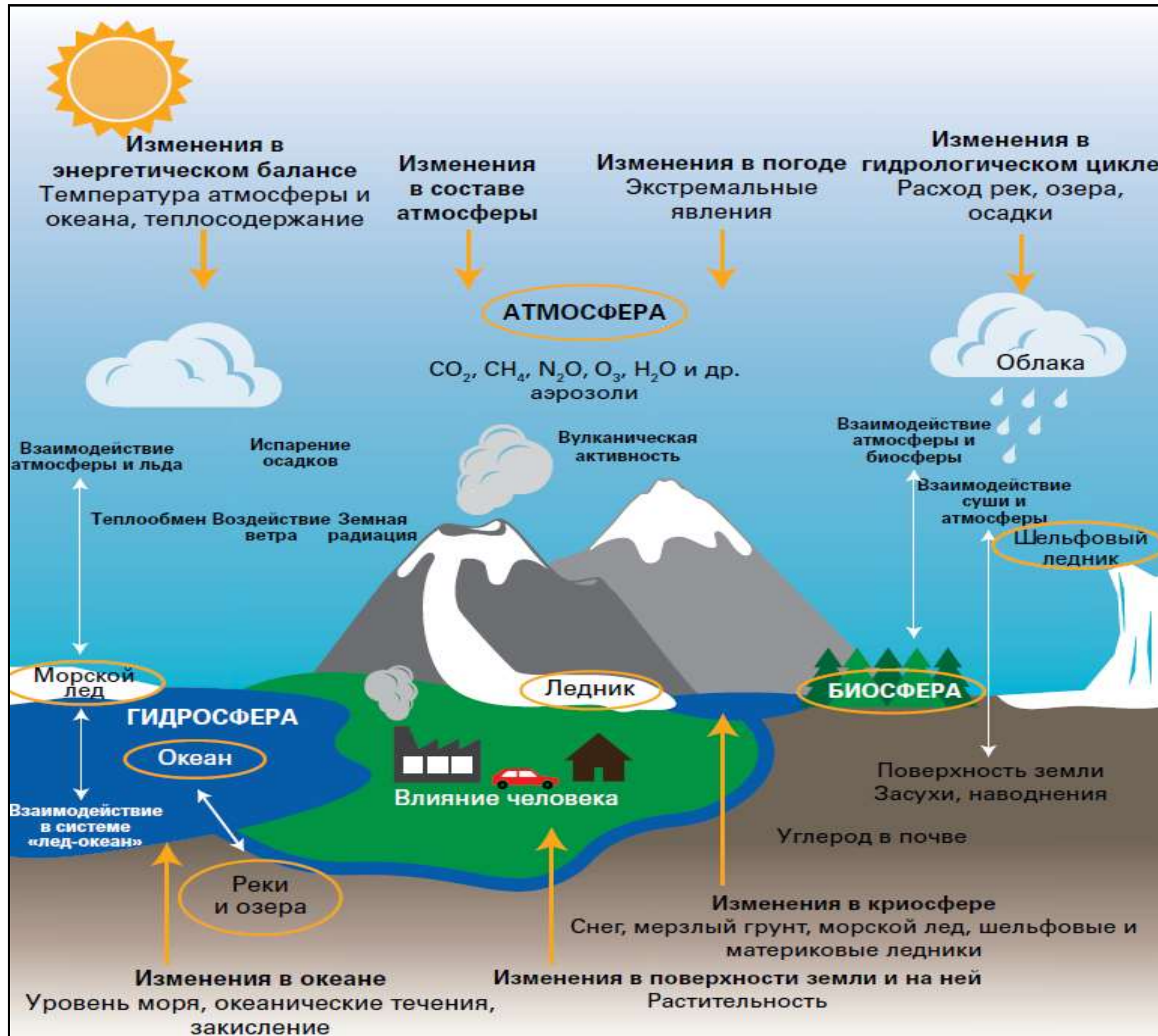
Внесение «изменений климата» в ФГОС (география), а затем в учебники. Пункт имеется в Национальном плане адаптации РФ (принят 25 декабря 2019 г.), но без даты исполнения. **Роль WWF и ЭКА**: не меняя научной сути и не подменяя процесс, дать уроки «Изменение климата в России» раньше рутинного развития событий

2 | ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В ПРОШЛЫЕ ЭПОХИ

© Юлия Калиничева / WWF России



Компоненты климатической системы Земли и их изменения



Климат Земли формируется как Солнцем, так и всеми средами планеты: атмосферой, гидросферой, биосферой, вулканами, ледовым покровом и т. д., которые находятся в постоянном взаимодействии

Сейчас на все из них все сильнее воздействует хозяйственная деятельность человека

Заявление ВМО о состоянии глобального климата в 2018 году. library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=5797



Изменения климата в прошлые эпохи



Оценка изменения температуры на Земле за последние 500 млн лет

Рассчитаны отклонения от средней температуры за 1961-1990 гг. в ^{0}C

Важнейший фактор – расположение континентов и их покрытие льдом и снегом

По данным: IPCC 4AR, vol. 1, Climate Change 2007. The Physical Science Basis. p. 433–465, ipcc.ch



Радиационный баланс Земли

Покрытие континентов, островов и шельфовых зон льдом, зависящее от их расположения на планете – **вариации до 10⁰С**

Парниковый эффект, без него температура приземного слоя воздуха была бы -19⁰С, а с ним примерно +13,5⁰С (1850-1900 гг.), **эффект >33⁰С.**

Сейчас **антропогенное усиление эффекта превысило 1,5⁰С**



Последние 50 миллионов лет

Общее похолодание - примерно на 10 ^{0}C



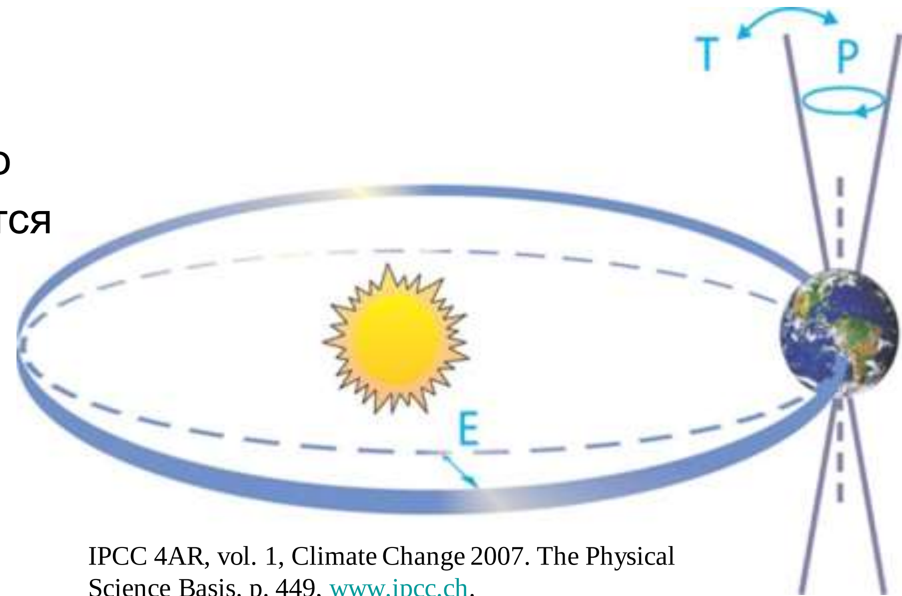


Вариации орбиты Земли

P – круговое движение оси вращения Земли

T – наклон оси вращения Земли относительно плоскости ее движения вокруг Солнца (меняется в пределах 68^0-65,5^0, сейчас 66,5^0)

Эти факторы изменяют распределение солнечной радиации между полюсами и экватором, между зимой и летом



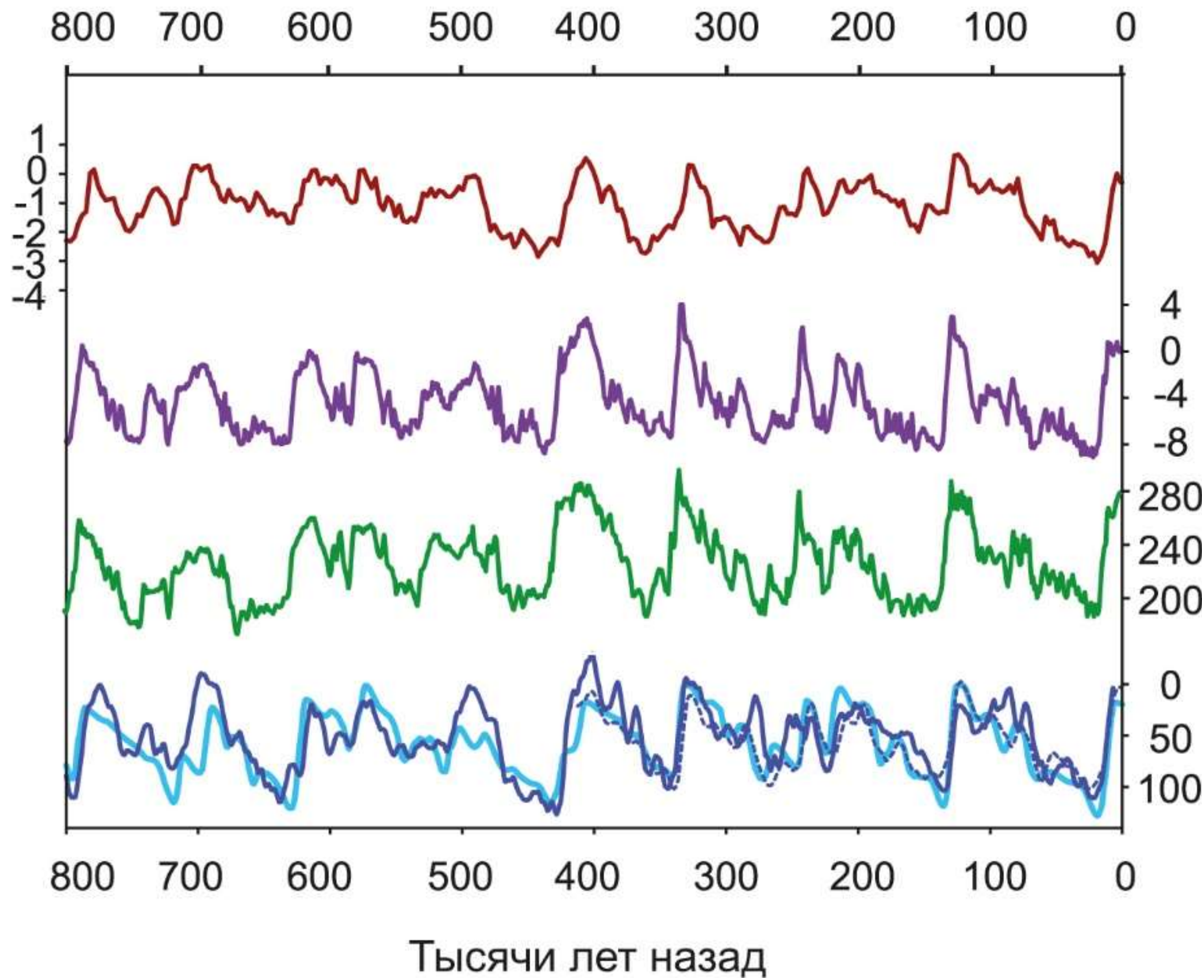
IPCC 4AR, vol. 1, Climate Change 2007. The Physical Science Basis. p. 449, www.ipcc.ch.

E – Изменение формы орбиты Земли слабо меняет расстояние до Солнца, но влияет на сезонные эффекты и определяет частоту ледниковых периодов (в последний миллион лет ~100 тыс. лет)

Выпавший зимой снег сохраняется весь год и, накапливаясь, превращается в ледниковые щиты. Белый снег и лед отражают солнечное излучение, становится еще холоднее. Ледник продвигается на юг, «зацепляясь» за сушу, и распространяется в зависимости от наличия осадков



Приход и уход ледниковых периодов



Температура воздуха (отклонение от современных значений):

- тропики, ^0C
- Антарктика, ^0C
- Концентрация CO_2 в атмосфере, частей на млн (ppm)
- Уровень Мирового океана (отклонение от современного уровня), м: снижение ~25м/^0C (при потеплении XXI-XXII вв. эффект повышения уровня океана на 1^0C температуры воздуха в 20-50 раз слабее)

По данным: IPCC, 2013 AR5, vol.1 www.ipcc.ch page 400

3 | ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В ПОСЛЕДНИЕ СТОЛЕТИЯ

© Александра Филаткина / WWF России



Изменения температуры Северного полушария за последние 1700 лет

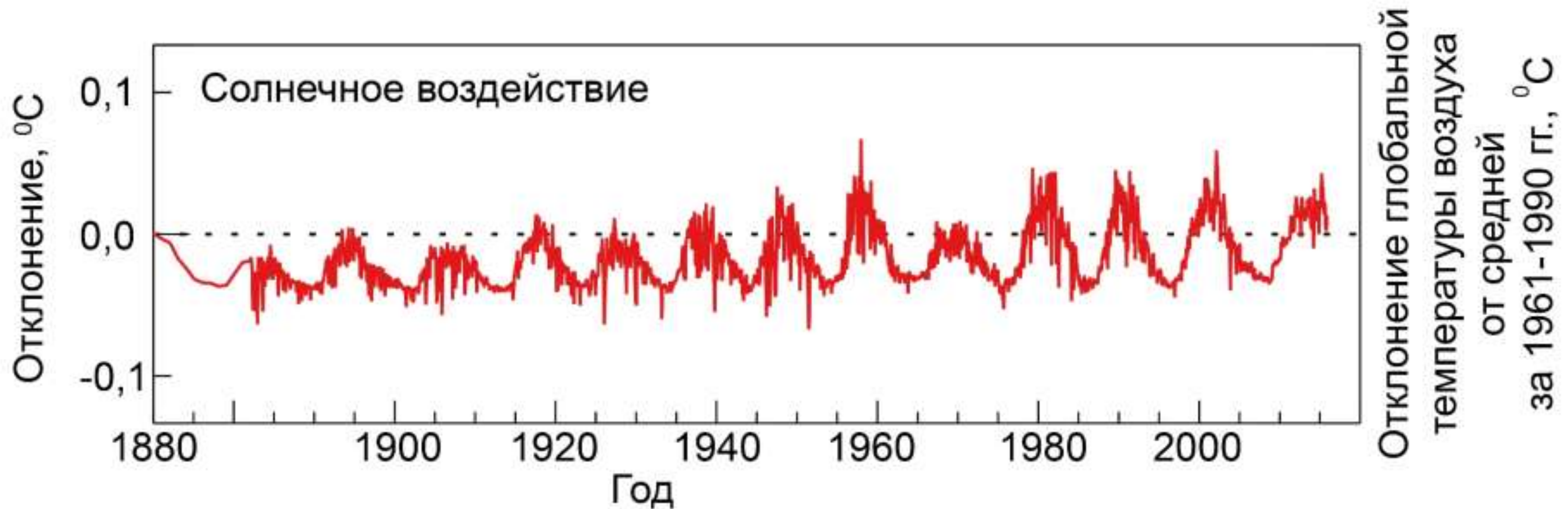
Роль вулканов, Солнца и океанских вариаций



По данным: USGCRP, 2017: *Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Volume I* U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, Chapter 1, page 54. science2017.globalchange.gov



Изменение активности Солнца с 1900 г.



11-летний цикл приводит к изменениям глобальной температуры максимум на ±0,1^{0}С

В середине XX века рост пиков активности Солнца, немного повлиял на температуру

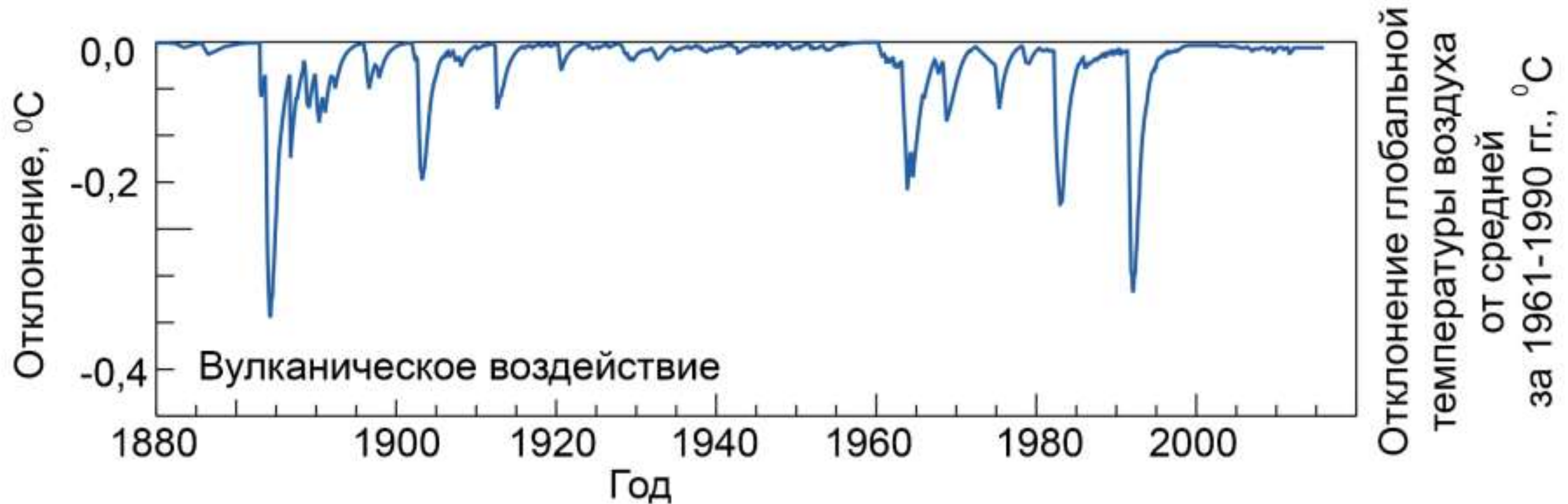
Снижение активности в начале XXI века немного замедлило глобальное потепление

Гипотетическое моделирование нового «малого ледникового периода» в XXI веке дает снижение глобальной температуры на несколько десятилетий лишь на 0,25^{0}С

По данным: USGCRP, 2017: *Climate Science Special Report: Vol. I* science2017.globalchange.gov



Влияние вулканов



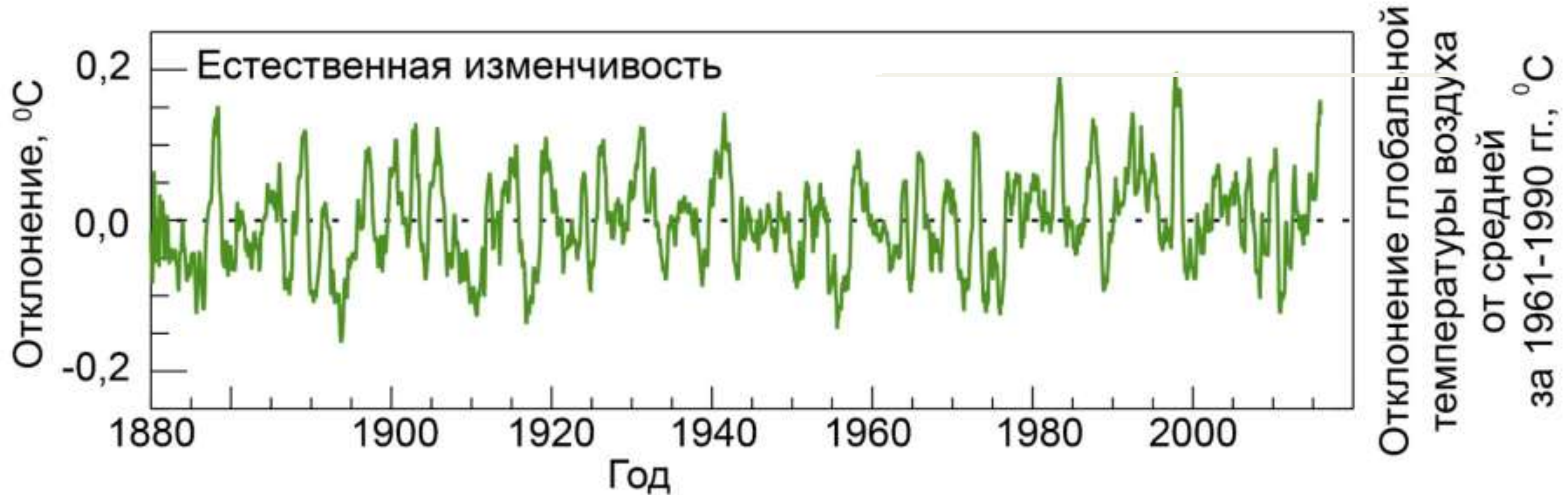
Воздействие вулканов – отдельные пики похолодания до -0,3^{0}C (в редких случаях до -0,5^{0}C). Только при извержениях, когда выбросы достигают стратосферы - высот 10-15 и более км. Последнее такое сильное извержение было в 1991 г.

Небольшой рост содержания вулканического аэрозоля в стратосфере в начале XXI века совсем немного замедлил глобальное потепление

По данным: USGCRP, 2017*: Climate Science Special Report: Vol. I* science2017.globalchange.gov



Естественная внутренняя изменчивость климата



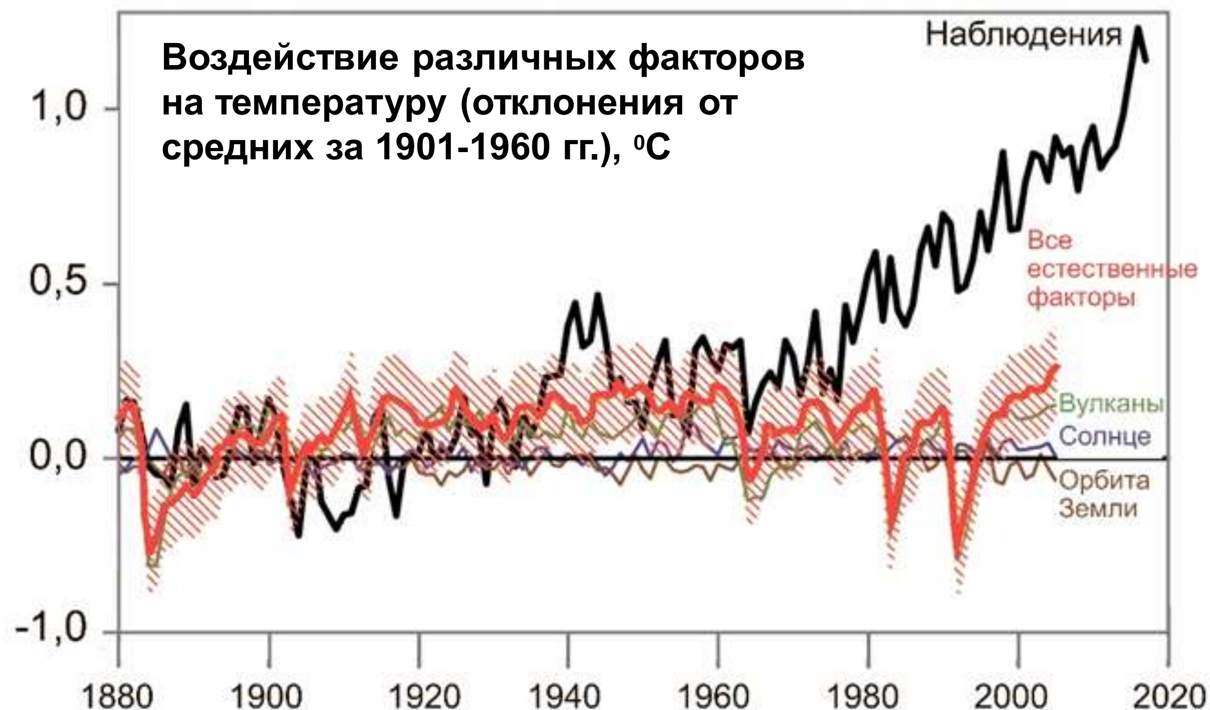
Внутренняя изменчивость климатической системы, прежде всего, из-за океанских течений – вариации глобальной приземной температуры воздуха на ±0,2^{0}C

Сильные пики потепления, как правило, результат сильных, но краткосрочных, изменений течений в тропической части Тихого океана, называемых Эль-Ниньо (например, в 2015-2016 гг.), с выбросом тепла из океана в атмосферу. За ними следуют обратные явления со снижением температуры воздуха по всей планете

По данным: USGCRP, 2017*: Climate Science Special Report: Vol. I* science2017.globalchange.gov



Суммарное действие естественных факторов



Черная кривая – наблюдаемая температура приповерхностного слоя воздуха, ^{0}C (отклонение от средней за 1901-1960 гг.)

Красная кривая – суммарное действие всех внешних естественных факторов, заштрихованная полоса – диапазон неопределенности.

Вулканы, Солнце, орбита Земли, а также внутренняя изменчивость (вариации течений и потоков тепла между океаном и атмосферой) никак не могут объяснить наблюдения за последние 50 лет – рост температуры на 0,8-0,9^{0}C

Другие внешние факторы (космические лучи, внутреннее тепло Земли, магнитное поле и др.) сейчас не оказывают сколько-либо существенного воздействия

По данным: USGCRP, 2017: *Climate Science Special Report: Vol. I* science2017.globalchange.gov